

English Abstract of prior art references (for IDS)

Abstract of **JP7045867**

PURPOSE: To improve the light emitting efficiency and reliability of a light emitting element by providing an electrode which obtains an improved ohmic contact with n-type gallium nitride compound semiconductor and at the same time which cannot be modified easily on annealing when achieving the light emitting element using p-n junction gallium nitride compound semiconductor. **CONSTITUTION :** In an electrode which is formed on n-type gallium nitride compound semiconductor surface and obtains the ohmic contact with n-type gallium nitride compound semiconductor, the electrode consists of an alloy of at least titanium and aluminum or a multilayer film where at least titanium and aluminum are laminated.

Abstract not available for JP2003530716T

Abstract of corresponding document: **US6475889**

A method of fabricating an integrated circuit on a silicon carbide substrate is disclosed that eliminates wire bonding that can otherwise cause undesired inductance. The method includes fabricating a semiconductor device on a first surface of a silicon carbide substrate and with at least one metal contact for the device on the first surface of the substrate. The opposite, second surface of the substrate is then ground and polished until it is substantially transparent. The method then includes masking the polished second surface of the silicon carbide substrate to define a predetermined location for a via that is opposite the device metal contact on the first surface; etching the desired via through the desired masked location until the etch reaches the metal contact on the first surface; and metallizing the via to provide an electrical contact from the second surface of the substrate to the metal contact and to the device on the first surface of the substrate.

Abstract of **JP2003077862**

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain low resistance between an n-type electrode and an n-type layer composed of a III nitride-system compound semiconductor. **SOLUTION:** The n-type electrode is formed using a first electrode material, composed of at least a kind of material selected from among vanadium (V), titanium (Ti), zirconium (Zr) and tungsten (W), a second electrode material composed of at least a kind of material selected from among palladium (Pd), platinum (Pt), gold (Au), silver (Ag) and copper (Cu) and a third electrode material composed of a kind of material selected from among aluminum (Al), silicon (Si) and germanium (Ge).

Abstract of JP2003086533

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent a dielectric film and an electrode from being exfoliated by improving the adhesion properties in the dielectric film and the electrode that are formed on a nitride semiconductor. **SOLUTION:** The nitride semiconductor device containing a nitride semiconductor layer, an electrode, and a dielectric film has an InGaNX contact layer containing one or more elements X selected from among As, P, and Sb in contact with an area between the nitride semiconductor layer and the dielectric film, thus preventing the dielectric film from being exfoliated. Additionally, an electrode is formed in contact with the InGaNX contact layer, thus preventing the electrode from being exfoliated.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-45867

(43) 公開日 平成7年(1995)2月14日

(51) Int.Cl.⁶

H 0 1 L 33/00

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

C 7376-4M

E 7376-4M

審査請求 未請求 請求項の数 2 F D (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平5-207274

(22) 出願日 平成5年(1993)7月28日

(71) 出願人 000226057

日亜化学工業株式会社

徳島県阿南市上中町岡491番地100

(72) 発明者 山田 孝夫

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

(72) 発明者 妹尾 雅之

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

(72) 発明者 中村 修二

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

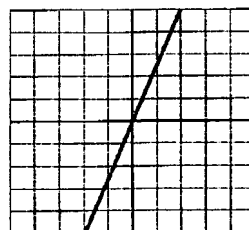
(54) 【発明の名称】 n型窒化ガリウム系化合物半導体層の電極

(57) 【要約】

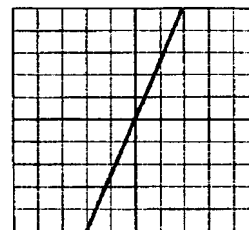
【目的】 p-n接合の窒化ガリウム系化合物半導体を用いた発光素子を実現するにあたり、n型窒化ガリウム系化合物半導体と良好なオーミック接触が得られると共にアニーリング時に変質しにくい電極を提供することにより、発光素子の発光効率および信頼性を高める。

【構成】 n型窒化ガリウム系化合物半導体層表面に形成され、n型窒化ガリウム系化合物半導体層とオーミック接触が得られた電極であって、前記電極が少なくともチタンとアルミニウムとの合金よりなるか、または前記電極が少なくともチタンとアルミニウムとが積層された多層膜よりなる。

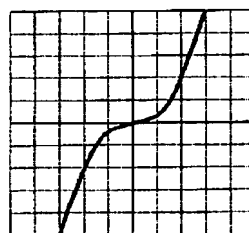
X: 0.5 V/div

Y: 50 μ A/div

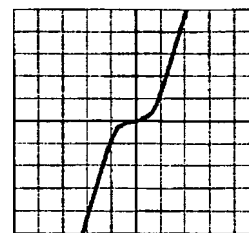
A



B



C



D

BEST AVAILABLE COPY

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 n型窒化ガリウム系化合物半導体層表面に形成され、n型窒化ガリウム系化合物半導体層とオーミック接触が得られた電極であって、前記電極が少なくともチタンとアルミニウムとの合金よりなるか、または前記電極が少なくともチタンとアルミニウムとが積層された多層膜よりなることを特徴とするn型窒化ガリウム系化合物半導体層の電極。

【請求項2】 前記多層膜は、n型窒化ガリウム系化合物半導体層と接する側がチタンであることを特徴とする請求項1に記載のn型窒化ガリウム系化合物半導体層の電極。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、発光ダイオード、レーザーダイオード等の発光素子に用いられるn型窒化ガリウム系化合物半導体の電極に係り、特に、n型窒化ガリウム系化合物半導体とオーミック接触が得られる電極に関する。

【0002】

【従来の技術】Ga₂N、GaAlN、InGa₂N、InAlGa₂N等の窒化ガリウム系化合物半導体は直接遷移を有し、バンドギャップが1.95eV～6eVまで変化するため、発光ダイオード、レーザーダイオード等、発光素子の材料として有望視されている。現在、この材料を用いた発光素子には、n型窒化ガリウム系化合物半導体の上に、p型ドーパントをドーブした高抵抗なi型の窒化ガリウム系化合物半導体を積層したいわゆるMIS構造の青色発光ダイオードが知られている。

【0003】MIS構造の発光素子は発光強度、発光出力共非常に低く、また高抵抗なi層を発光層としているため順方向電圧(V_f)が20V以上と非常に高いために発光効率が悪く、実用化するには不十分であった。順方向電圧を下げ、発光効率を向上させて実用化を図るには、MISではなくp-n接合が有利であることは自明である。

【0004】ところで、最近窒化ガリウム系化合物半導体をp型とする技術が開発され、p-n接合の窒化ガリウム系化合物半導体の実現できるようになってきた。

(例えば、特開平2-257679号公報、特開平3-218325号公報、他文献)。

【0005】p-n接合の発光素子の実現できるようになると、順方向電圧を下げ、発光効率を高めるためにも、p層およびn層とオーミック接触の得られる電極材料が非常に重要である。しかしながら、従来のMIS構造の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の電極はi層とショットキーバリアを用いる構造であったため、n層のオーミック電極にはほとんど注意されていなかった。

【0006】例えば、MIS構造の素子のn層とオーミック接触を得る電極材料として、特開昭55-9442

2

号公報に、AlまたはAl合金が開示されている。その他、Inもよく使用されている。しかしながら、In、Alともn型窒化ガリウム系化合物半導体と十分なオーミック接触が得にくく、さらにまた電極形成時に、電極材料を窒化ガリウム系化合物半導体となじませるため、アニーリング装置を用いてアニールを行うのであるが、そのアニーリング時に装置内の残留酸素、水分等の雰囲気により電極が変質しやすいという問題があった。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】従って、本発明はこのような事情を鑑み成されたもので、その目的とするところは、p-n接合の窒化ガリウム系化合物半導体を用いた発光素子を実現するにあたり、n型窒化ガリウム系化合物半導体と良好なオーミック接触が得られると共にアニーリング時に変質しにくい電極を提供することにより、発光素子の発光効率および信頼性を高めようとするものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】我々はn型窒化ガリウム系化合物半導体層と良好なオーミック接触が得られ、アニール時に変質しにくい電極材料について、実験を重ねたところ、AlにTiを含有させることにより前記問題が解決できることを見いだした。即ち、本発明のn型窒化ガリウム系化合物半導体層の電極は、n型窒化ガリウム系化合物半導体層表面に形成され、n型窒化ガリウム系化合物半導体層とオーミック接触が得られた電極であって、前記電極が少なくともチタンとアルミニウムとの合金よりなるか、または前記電極が少なくともチタンとアルミニウムとが積層された多層膜よりなることを特徴とする。

【0009】本発明の電極は、Si、Ge、Se、S等のn型ドーパントをドーブしてn型特性を示すように成長した窒化ガリウム系化合物半導体層表面、またはノンドーブの窒化ガリウム系化合物半導体層表面に、蒸着、スパッタ等の技術により、チタンとアルミニウムよりなる合金膜を形成するか、またはチタンとアルミニウムよりなる多層膜を形成した後、アニーリングを行うことにより得ることができる。アニーリング温度は特に限定するものではないが、400℃以上、1200℃以下で行うことが好ましい。なぜなら、400℃よりも低いと、オーミック接触が得にくく、1200℃よりも高いと窒化ガリウム系化合物半導体が分解してしまうからである。

【0010】上記のように合金膜、または多層膜として形成した電極材料を、アニーリングすることにより、電極材料と窒化ガリウム系化合物半導体層との接触を良くしてオーミック接触を得ることができる。さらに、多層膜はアニーリング条件(主として熱)、チタンとアルミニウムそれぞれの層の膜厚等により多層膜の一部、または全部が合金化する。多層膜がアニーリングにより合金

10

20

30

40

50

化した場合、全体として電極はチタンとアルミニウムからなるオーミック電極となるが、例えばチタンが第1層目、アルミニウムが第2層目とはっきりと分離されたものではなく、前にも述べたように条件によっては電極層が合金化するため、チタンとアルミニウムが渾然一体となっている場合が多い。ただ、多層膜の場合、n型窒化ガリウム系化合物半導体層と接触する側の電極材料をチタンとした後、次にアルミニウムを形成して多層膜とする方が、再現性良くオーミック接触を得られるため、より好ましい。

【0011】チタンのアルミニウムに対する含有率は特に限定するものではなく、チタンと、アルミニウムとをどのような比率で混合しても、n型窒化ガリウム系化合物半導体層と再現性良くオーミック接触が得られ、非常に有利である。多層膜の場合、この含有率は多層膜を形成する膜厚の比を調整することにより変えることができる。

【0012】

【実施例】図1は、2インチφのサファイア基板上にSiをドーブしたn型Ga_{0.9}N層を成長させ、そのn型Ga_{0.9}N層の表面に、数々の電極材料を100μmφの大きさに、それぞれ千個蒸着して450℃でアニーリングした後、同一種類の電極間のI-V（電流-電圧）特性を全て測定してオーミック特性を調べた結果を示す図である。図1において、A、B、C、DはそれぞれA・・TiとAlとを0.01:1の膜厚比で順に積層した電極、B・・Tiを1%含むAl-Ti合金で形成した電極、C・・n型層にTi単独で形成した電極、D・・n型層にAl単独で形成した電極、のI-V特性を示す。

【0013】A～Dはそれぞれ代表的なI-V特性を示す図であるが、アルミニウムにチタンを含有させた電極はA、Bに示すようにn型Ga_{0.9}N層と完全にオーミック接触が得られており、電極千個の内オーミック接触が確認されないものはなかった。一方、チタン単独、もしくはアルミニウム単独の電極は、C、Dに示すようにいずれにおいてもオーミック接触は得られず、千個の内オーミック接触が確認されたものは、Dの電極の方に数個あっただけである。

【0014】さらにアニーリング後、電極表面の状態を

顕微鏡で観察したところ、CとDの電極表面はその90%以上が黒く変質していた。

【0015】図2は、同じく2インチφのサファイア基板の上にSiをドーブしたn型Ga_{0.9}Al_{0.1}N層を成長させ、そのn型Ga_{0.9}Al_{0.1}N層の表面にTiとAlとを膜厚比を変えて100μmφの大きさに千個蒸着して、450℃でアニーリングした後、同じく同一種類の電極間のI-V（電流-電圧）特性を測定してオーミック特性を調べた結果を示す図である。図2において、E、F、G、HはそれぞれE・・TiとAlとを0.001:1の膜厚比で順に積層した電極、F・・AlとTiとを0.001:1の膜厚比で順に積層した電極、G・・TiとAlとを1:0.001の膜厚比で順に積層した電極、H・・AlとTiとを1:0.001の膜厚比で順に積層した電極、のI-V特性を示している。

【0016】E～Hに示す図は、TiとAlの含有率にかかわらず、全てオーミック接触が得られていることを示しているが、特に、E、Gに示すTiを先に形成した電極は、千個全てそれぞれの図に示すようなオーミック接触が得られたが、F、Hに示すAlを先に形成した電極は、それぞれ数個オーミック接触が得られていないものが発見された。また、電極の変質は全ての電極について観察されなかった。

【0017】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の電極はn型窒化ガリウム系化合物半導体層と非常に良好なオーミック接触が得られ、さらに電極の変質がない。しかもオーミックが得られるチタンのアルミニウムに対する定まった含有率がないため、電極形成時において非常に生産性も向上する。従って、p-n接合を用いた窒化ガリウム系化合物半導体を実現した際、n型層と電極とが完全にオーミック接触しているため、発光素子のV_fを下げ、発光効率を向上させることができ、電極の変質もないため発光素子の信頼性も格段に向上する。

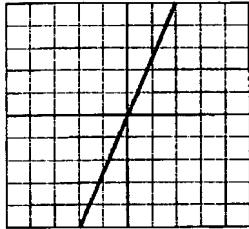
【図面の簡単な説明】

【図1】 n型窒化ガリウム系化合物半導体層に形成した電極の電流電圧特性を比較して示す図。

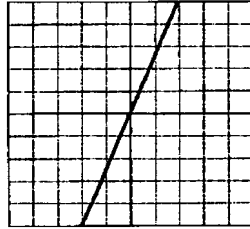
【図2】 本発明の一実施例にかかる電極の電流電圧特性を示す図。

【図1】

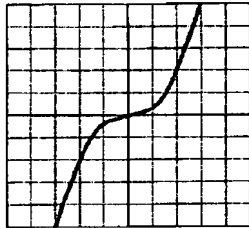
X: 0.5 V/div
Y: 50 μ A/div



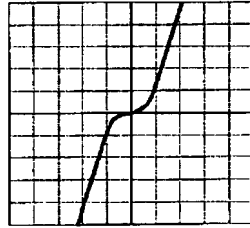
A



B



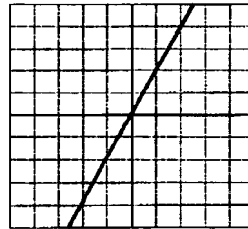
C



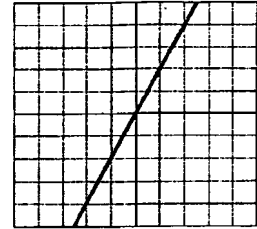
D

【図2】

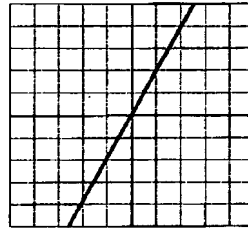
X: 0.5 V/div
Y: 50 μ A/div



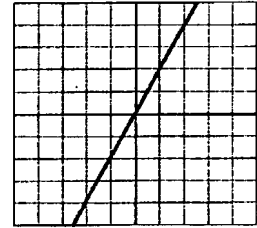
E



F



G



H

【手続補正書】

【提出日】平成6年1月28日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項1

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項1】 n型窒化ガリウム系化合物半導体層表面に形成された電極であって、前記電極が少なくともチタンとアルミニウムとの合金よりなるか、または前記電極が少なくともチタンとアルミニウムとが積層された多層膜よりなることを特徴とするn型窒化ガリウム系化合物半導体層の電極。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0001

【補正方法】変更

【補正内容】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、発光ダイオード、レーザーダイオード等の発光素子に用いられるn型窒化ガリウム系化合物半導体の電極に係り、特に、n型窒化ガリウム系化合物半導体と良好なオーミック接触が得られる電極に関する。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0013

【補正方法】変更

【補正内容】

【0013】A～Dはそれぞれ代表的なI-V特性を示す図であるが、アルミニウムにチタンを含有させた電極はA、Bに示すようにn型Ga_{0.5}N層と良好なオーミック接触が得られており、電極千個の内、A、Bのようなオーミック接触が確認されないものはなかった。一方、チタン単独、もしくはアルミニウム単独の電極は、C、Dに示すようにいずれにおいても良好なオーミック接触は得られず、千個の内、A、Bのようなオーミック接触が確認されたものは、Dの電極の方に数個あっただけである。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0016

【補正方法】変更

【補正内容】

【0016】E～Hに示す図は、TiとAlの含有率にかかわらず、全て良好なオーミック接触が得られていることを示しているが、特に、E、Gに示すTiを先に形

成した電極は千個全て、E、Gの図に示すようなオーミック接触が得られたが、F、Hに示すA1を先に形成した電極は、それぞれ数個、好ましいオーミック接触が得

られていないものが発見された。また、電極の変質は全ての電極について観察されなかった。